

G. VERSINI – G. NICOLINI – A. RAPP – A. DALLA SERRA

**COMPOSIZIONE AROMATICA  
DI VINI SILVANER E DI INCROCI  
A BASE RIESLING**

Estratto da:  
« Rivista di Viticoltura e di Enologia »  
Anno LIII – N. 2/3 - 2000



# Composizione aromatica di vini Silvaner e di incroci a base Riesling

## *Wine aroma composition of Silvaner and Rhine Riesling crosses*

G. Versini\*, G. Nicolini\*, A. Rapp\*\*, A. Dalla Serra\*

\* Centro Sperimentale, Dip.Laboratorio di Analisi e Ricerche, Istituto Agrario - Via E. Mach, 1 - 38010 San Michele all'Adige (Trento) - Italia

\*\* Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen - Germania

(ricevuto il 10.02.2000, accettato il 24.02.2000)

### Riassunto

Composti volatili e agliconi ottenuti da idrolisi enzimatica degli eterosidi, relativi a vini Silvaner dell'Alto Adige delle annate 1994 e 1995, sono stati raffrontati con quelli di vini Riesling renano, Müller-Thurgau (Riesling renano x Silvaner) e Kerner (Riesling renano x Trollinger) della stessa area nonché con analoghi vini varietali del Palatinato tedesco.

I vini Silvaner sono comparabili agli altri per i tenori in composti prefermentativi e fermentativi: in particolare, è comune un livello rimarchevole di alcool,  $\beta$ -feniletilico e di viniltenoli, con prevalenza del vinilfenolo sul vinilguaiacolo, mentre il Silvaner pare tendere ad un contenuto maggiore di acetati. La concentrazione di alcuni  $\gamma$  e  $\delta$ -lattoni non superiore ai 5  $\mu\text{g/L}$  – accertata in GC SIM/MS – è tale da non contribuire ad un possibile aroma di pesca-albicocca, spesso riportato come tipicizzante i vini Silvaner. Alcuni monoterpenoli in forma libera, come il linalolo, l'ho-trienolo ed il geraniolo, potrebbero contribuire alla nota floreale di questo vino, poiché a concentrazioni comprese fra un terzo ed un quinto dei loro valori di soglia olfattiva. Il profilo terpenico del Silvaner è simile a quello delle varietà comparate anche se ridotto a circa un decimo di concentrazione.

I composti in forma legata offrono maggiori possibilità per caratterizzare le varietà citate; inoltre, i Silvaner hanno, diversamente dalle forme libere, un tenore simile a quello dei vini Riesling e Müller-Thurgau. Molto discriminanti fra tutte le varietà considerate sono i rapporti fra gli isomeri *trans* e *cis* dell'ossido di linalolo furanico e dell'8-idrossilinalolo e fra geraniolo e nerolo. L'annata può giocare una qual influenza su alcune concentrazioni, tuttavia non modifica la significatività dei rapporti citati.

### Summary

Volatiles and aglycons from enzymatic hydrolysis of heterosides have been investigated and quantified in 1994 and 1995 Silvaner wines from South Tyrol (Alto Adige, Italia) wineries and compared with the corresponding profiles of Rhine Riesling, Müller-Thurgau (Rhine Riesling x Silvaner) and Kerner (Rhine Riesling x Trollinger) wines from the same area and from Palatinate (Germany).

Silvaner wines are comparable to the other wine types for prefermentative and fermentative compounds. In particular, it is common for all these variety wines to have a quite high level of  $\beta$ -phenethyl alcohol, of vinylphenol and vinylguaiacol – the

first prevailing on the second – while more acetates seem to be present in Silvaner wines. No interesting contribution has been found to possible often reported peachapricot scents by  $\gamma$ - and  $\delta$ -lactones, whose concentrations, evaluated through the GC SIM/MS technique, do not exceed 5  $\mu\text{g/L}$ . Free monoterpenols, like linalool, hotrienol and geraniol, could contribute to a floral scent even in Silvaner wines, being their concentrations between about one third and one fifth of the threshold levels. The profile is similar to those of the considered Riesling and Riesling-cross wines, but generally 10-fold lower.

As for monoterpenols aglycons, Silvaner wines cannot be distinguished from Müller-Thurgau and Riesling for the general quantitative level. The bound forms profile offers more possibilities. South Tyrol Silvaner wines are richer in geraniol as well as in  $\alpha$ -terpineol and its derivatives like 2-exo-hydroxy-1,8-cineol and p-menth1-ene-7,8-diol. More discriminant are the ratios between *trans* and *cis* furan linalool oxides, *trans* and *cis* 8-hydroxy-linalool, and geraniol and nerol. In some cases an influence of the vintage on the level of some of those compounds was observed, but the significance of the quoted ratios was not changed.

Parole chiave: composti volatili, aromi in forma eterosidica, terpeni, lattoni.

Key words: volatile compounds, heteroside form aroma, terpenes, lactones.

## Introduzione

Sulla composizione aromatica di vini Riesling renano e Müller-Thurgau sono stati realizzati diversi studi, sia in differenti ambienti (Versini *et al.*, 1981; Marais *et al.*, 1992; Nicolini *et al.*, 1995; Versini *et al.*, 1995) che, in particolare per la seconda varietà, in relazione ad aspetti tecnologici o clonali (Nicolini *et al.*, 1996a; Nicolini *et al.*, 1999). Meno indagata, almeno su base nazionale, è stata invece la composizione dei vini Silvaner, probabilmente anche in considerazione del fatto che tale varietà è coltivata, a livello italiano, sostanzialmente solo in provincia di Bolzano, dove peraltro fornisce alcuni dei più rinomati vini varietali della Val d'Isarco.

Studi di Rapp *et al.* (1981) basati sul profilo dei monoterpeni liberi hanno collocato il Silvaner, come anche Pinot bianco e Pinot grigio, tra le varietà a sapore semplice, contrapponendole ai due gruppi distinti delle varietà a tipologia Riesling renano, tra cui Müller-Thurgau, ed a tipologia Moscato. Rapp e Guntert (1985) sono riusciti in seguito a discriminare il Riesling renano dal Müller-Thurgau e dal Silvaner tramite l'analisi multivariata applicata a 11 monoterpenoli. Ulteriori indagini che prendevano in considerazione anche composti in forma glicosidica e di origine fermentativa, hanno messo a confronto il Silvaner con Pinot bianco e grigio, tenendo come riferimento il Riesling renano (Rapp *et al.*, 1993). Il Silvaner, all'analisi discriminante lineare, si discriminava in modo altamente significativo dal Riesling mediante una funzione che associava il linalolo con l'ho-diendiolo I e con l'ossido di linanolo piranico *cis* o, con minor significatività, con un'altra funzione operante prevalentemente sul ho-diendiolo II ed il dietilmalato. La discriminazione rispetto ai "Pinot" avveniva attraverso l'endiolo e l'ossido di linalolo citato. Sulla base delle forme complessate – quantificate nell'arricchimento delle libere, rispetto ai tenori iniziali, dopo aggiunta al vino di enzimi commerciali ad attività  $\beta$ -glucosidasica – il Silvaner risultava difficilmente discriminabile dai "Pinot". Si discriminava invece rispetto al Riesling, quest'ultimo più ricco sia negli ossidi di linalolo che nel ho-diendiolo I, ma con tenori minori in geraniolo, nerolo e  $\alpha$ -terpineolo. Recenti lavori hanno



tuttavia evidenziato una sensibile influenza delle condizioni climatiche nel modificare quantitativamente il livello dei composti monoterpenici nei "Pinot". Dal confronto fra l'areale del Trentino-Alto Adige e quello tedesco del Palatinato, è emerso che i vini tedeschi presentavano tenori mediamente anche di dieci volte superiori, così da far assurgere alcuni composti a livello di possibile rilievo organolettico (Versini *et al.*, 1994a).

Tali osservazioni hanno stimolato ulteriori approfondimenti. Il presente lavoro intende indagare sia i composti primari, in forma libera e glicosidica, che quelli di origine fermentativa di vini altoatesini delle varietà Silvaner, Müller-Thurgau, Riesling renano e Kerner (Trollinger x Riesling renano), quest'ultima varietà interessante per una aromaticità ritenuta più "moscatata" rispetto al Riesling stesso (Hillebrand *et al.*, 1984).

## Materiali e metodi

Vini monovarietali prodotti in Alto Adige da cantine rappresentative della zona nelle annate 1994 e 1995 sono stati sottoposti ad analisi gascromatografica di metanolo, acetaldeide, acetato di etile ed alcoli superiori secondo la metodica proposta da Gabri e Salvagiotto (1980). Sono stati inoltre analizzati anche i composti volatili minoritari – sia in forma libera che come agliconi da idrolisi enzimatica (pH 5, 12 ore, enzima Cytolase PCL5, Genecor) degli eterosidi, dopo loro arricchimento estrattivo su resina XAD-2 ed eluizione separata con solventi organici – utilizzando colonne capillari, secondo metodiche già pubblicate (Versini *et al.*, 1994b).

Il dosaggio di alcuni monoterpenoli e lattoni in forma libera è stato effettuato per gascromatografia-spettrometria di massa su ioni specifici (GC SIM/MS). I monoterpenoli sono stati confrontati ai valori dedotti al FID sulla frazione agliconica, ponendo uguale ad 1 il fattore di risposta rispetto allo standard interno 1-eptanolo. Per i  $\gamma$ -lattoni si sono costruite le rette di arricchimento in matrice vino, fino a 40  $\mu\text{g/L}$ , rispetto all'1-eptanolo ( $m/z = 41, 43, 55, 56, 69, 70$ ). In particolare si sono considerati i seguenti composti e relativi frammenti: ossidi di linalolo furanici ( $m/z = 59, 94, 111$ ) e piranici *cis* e *trans* ( $m/z = 59, 68, 94$ ), nerolo e geraniolo ( $m/z = 69, 93, 121$ ), 2,6-dimetil-1,7-octadien-3,6-diolo (ho-diendiolo II;  $m/z = 55, 71, 82$ ), ed i lattoni  $\gamma$ -octa ( $m/z = 85, 100, 114, r^2 = 0,969$ ),  $\gamma$ -nona ( $m/z = 85, 100; r^2 = 0,982$ ),  $\gamma$ -deca ( $m/z = 85, 128; r^2 = 0,956$ ) e  $\delta$ -deca ( $m/z = 71, 99, 114$ ) e  $\gamma$ -dodeca ( $m/z = 85, 100, 128; r^2 = 0,962$ ) e  $\delta$ -dodeca ( $m/z = 71, 99, 114$ ) (Volkman, 1989 e letteratura ivi citata). I  $\delta$ -lattoni sono stati quantificati come i rispettivi  $\gamma$ -lattoni.

Il profilo delle forme legate dei monoterpenoli dei vini altoatesini delle varietà Riesling (7 campioni; vendemmia 1995), Silvaner (5; 1995), Müller-Thurgau (14; 1994, 1995) e Kerner (2; 1995) è discusso in comparazione con quello di vini Riesling (3, 1994), Silvaner (5; 1990, 1993, 1994), Müller-Thurgau (5; 1994) e Kerner (5; 1990, 1991, 1994) del Palatinato tedesco. I campioni di ciascuna varietà appartenevano a cantine o tipologie di vino differenti.

## Risultati e discussione

### *Profilo dei composti in forma libera*

Nelle tabb. 1a - 1b - 1c vengono riportati – opportunamente raggruppati – i principali composti analizzati. Taluni possono essere collegati alle caratteristiche



Tabella 1a: Valori medi (x) e relative deviazioni standard (s) di composti volatili presenti in vini commerciali dell'Alto Adige delle annate 1994 e 1995. Valori palesemente diversi sono evidenziati a parte.

(A, B = produttori diversi; # = C3 + iC4 + iC5; - = non disponibile)

Table 1a: Volatile compounds in commercial wines from Alto Adige (South-Tyrol) of the vintages 1994 and 1995; mean values (x) and standard deviation (s). Very different values are reported separately.

(A, B = different wineries; # = C3 + iC4 + iC5; - = not available)

in forma libera / free form (µg/L)	SILVANER			MUELLER-THURGAU			RIESLING		KERNER	
	1994 x (5)	s	1995 x (5)	s	1994 x (10)	s	1995 x (4)	s	1995 x (7)	s
metanolo / methanol(mg/L)	42,5	4,0	27,7	1,6	33,1	5,5	(2)=42,0 (2)=23,0	9,4	40,3	9,4
alcooli superiori / higher alcohols (C3+iC4+iC5) (µg/L)	306,4	64,7	236,2	24,1	295,0	64,1	312,7	95,8	212,7	36,0
alcolbenzilico / benzyl alcohol	80	30	67	26	-	-	(3)=56,4 (3)=29,3 553	26	50	26
2-feniletanolo / 2-phenethyl alcohol (Ph) (mg/L)	50,3	16,5	44,6	11,5	41,0	10,0	59,4	20,6	41,6	14,2
acetato di iC5 / iC5 acetate	906	450	(4)=2840 (4)=954 8189	913	2031	913	2567	1282	2729	1344
acetati / acetates (iC4+iC5+C6+Ph)	1478	670	(4)=4577 (4)=1328 11569	909	2528	909	3977	1647	3783	1594
esteri etilici / ethyl esters (C6+C8+C10)	2008	1073	2163	741	2029	535	2185	653	3624	756
acidi grassi / fatty acids (C6+C8+C10)	15,3	7,6	13,7	5,1	13,0	4,4	13,0	4,2	17,9	3,4
N-(3-methylbutil)-acetamide	1927	2019	451	257	-	-	1157	1131	204	178
- = non disponibile									2177	1831
									848	1701
									5,3	10,6
									2994	870

Tabella 1b. Valori medi (x) e relative deviazioni standard (s) di composti volatili presenti in vini commerciali dell'Alto Adige delle annate 1994 e 1995. (A, B = produttori diversi; \* = come  $\gamma$ -decalattone; \*\* = come  $\gamma$ -dodecalattone; - = non disponibile)

Table 1b: Volatile compounds in commercial wines from Alto Adige (South-Tyrol) of the vintages 1994 and 1995; mean values (x) and standard deviation (s). (A, B = different wineries; \* = as  $\gamma$ -decalactone; \*\* = as  $\gamma$ -dodecalactone; - = not available)

in forma libera / free form ( $\mu\text{g/L}$ )	SILVANER		MUELLER-THURGAU		RIESLING		KERNER	
	1994	1995	1994	1995	1995	1995	1995	1995
	x (5)	s	x (10)	s	x (4)	s	x (7)	s
esanolo / hexanol	2312	683	2362	693	3248	990	1640	484
trans 3-esenolo / trans 3-hexenol (t3Hex)	78	23	103	19	80	17	73	36
cis 3-esenolo / cis 3-hexenol (c3Hex)	60	13	68	19	68	23	54	20
t3Hex / c3Hex	1,3	0,3	1,6	0,5	1,3	0,6	1,6	1,0
4-vinilfenolo / 4-vinylphenol (4VF)	215	190	165	196	459	141	92	109
4-vinilguaiacono / 4-vinylguaiacono (4VG)	130	86	58	60	100	26	54	33
4VF / 4VG	1,4	0,9	3,4	2,3	4,7	1,2	1,6	1,0
gamma-nonallattone / gamma-nonallactone	-	-	-	-	4,5	2,8	1,7	0,9
gamma-decalattone / gamma-decalactone	-	-	-	-	0,6	0,2	0,4	0,2
delta-decalattone / delta-decalactone (*)	-	-	-	-	3,3	1,2	0,9	0,5
gamma-dodecalattone / gamma-dodecalactone	-	-	-	-	0,5	0,4	0,3	0,1
delta-dodecalattone / delta-dodecalactone (**)	-	-	-	-	1,9	0,6	0,7	0,4

(\*) = come gamma-decalattone

(\*\*) = come gamma-dodecalattone

- = non disponibile



Tabella 1c: Valori medi (x) e relative deviazioni standard (s) di composti volatili presenti in vini commerciali dell'Alto Adige delle annate 1994 e 1995.  
(A, B = produttori diversi; – = non disponibile)

Table 1c: Volatile compounds in commercial wines from Alto Adige (South-Tyrol) of the vintages 1994 and 1995; mean values (x) and standard deviation (s). (A, B = different wineries; – = not available)

	SILVANER				MUELLER-THURGAU				RIESLING		KERNER	
	1994		1995		1994		1995		1995		A	B
in forma libera / free form (µg/L)	x (5)	s	x (5)	s	x (10)	s	x (4)	s	x (7)	s		
ossido linalolo f. trans / trans fur. linalool oxide (tfLox)	–	–	4,0	3,7	–	–	15,7	7,8	36,2	19,5	34,6	57,7
ossido linalolo f. cis / cis fur. linalool oxide (cfLox)	3,5	1,8	1,4	1,0	3,5	3,6	4,1	2,2	8,0	3,2	7,7	18,2
tfLox / cfLox	–	–	2,8	0,7	–	–	3,9	0,3	4,5	1,4	4,5	3,2
ossido linalolo p. trans / trans pyr. linalool oxide (tpLox)	5,4	1,5	6,9	7,3	35,8	31,0	55,6	24,0	43,4	18,7	77,8	131
ossido linalolo p. cis / cis pyr. linalool oxide (cpLox)	3,2	1,2	1,0	0,8	3,8	3,0	7,2	5,2	6,8	2,4	15,8	30,8
tpLox / cpLox	1,8	0,5	7,0	2,5	9,9	5,8	8,7	2,9	6,2	0,8	4,9	4,3
linalolo / linalool	19,1	7,9	14,5	10,5	118	60	120	36	143	38	200	297
ho-trienolo / ho-trienol	13,1	6,7	10,4	4,7	22,7	10,3	88,0	23,5	105	87	102	194
alfa-terpineolo / alpha-terpineol	11,0	3,0	5,1	5,1	43,4	18,6	35,5	7,1	60,8	26,6	70,3	91,9
nerolo / nerol (N)	–	–	7,1	2,6	–	–	5,5	2,7	11,8	5,9	30,7	31,1
geraniolo / geraniol (G)	–	–	22,3	9,0	–	–	26,1	11,4	49,8	14,8	58,5	68,0
G / N	–	–	3,6	1,8	–	–	6,1	4,5	4,9	2,2	1,9	2,2
ho-diendiolo (I) / ho-diendiol (I)	187	110	207	92	457	124	1163	258	730	297	1286	1486
ho-diendiolo (II) / ho-diendiol (II)	10,5	14,2	6,4	6,4	10,6	8,8	8,3	2,7	13,6	11,7	29,0	58,0
ho-diend. (I) / ho-diend. (II)	38,6	32,6	44,0	19,5	61,0	31,7	144	18	138	179	44,3	25,6
endiolo / endiol	13,8	10,2	3,5	2,4	12,0	12,0	11,8	6,5	33,3	15,3	28,6	35,2

– = non disponibile

varietali, in primo luogo i monoterpenoli, o ad alcune varianti tecnologiche quali *skin contact* (Versini *et al.*, 1981; Baumes *et al.*, 1989), pigiadiraspatura-pressatura (Cordonnier e Bayonove, 1981), chiarifica del mosto (Ribereau-Gayon *et al.*, 1975; Bertrand *et al.*, 1978; Houtman *et al.*, 1980), vinificazione in condizioni riduttive o meno (Nicolini *et al.*, 1996b), impiego di lieviti particolari, ad es. alto produttori di alcool  $\beta$ -feniletilico (Ciolfi e Di Stefano, 1983) o a carattere pof (+) o (-) (Grando *et al.*, 1993). Altri possono rendere ragione di alcune importanti note olfattive, quali il fruttato (esteri acetici di alcoli superiori ed esteri etilici di acidi  $C_6$ - $C_{10}$ ), note floreali varianti dal coriandolo-mughetto (linalolo) all'eucalipto-miele (ho-trienolo) ed alla rosa (geraniolo ed alcool  $\beta$ -feniletilico con relativo acetato), note speziate dolciastre (vinilfenoli) ed eventuali sentori di pesca-albicocca-cocco (vari lattoni).

### Alcoli

Metanolo ed alcoli superiori (tab.1a), relativi ad un numero limitato di campioni, presentano valori non univocamente diversi per varietà fra annate – ove è disponibile il confronto – con prevalenza di un effetto “tecnologia aziendale”.

L'esanolo, a parità di annata, risulta tendenzialmente più elevato nel Müller-Thurgau confermando precedenti osservazioni (Nicolini *et al.*, 1995) – e più contenuto nel Riesling. I tenori medi in metanolo ed esanolo per varietà non mostrano una variazione sincrona: vanno quindi considerati indici non solo della tecnologia applicata, ma anche di caratteristiche varietali. I valori ed i rapporti fra *trans* 3- e *cis* 3-esenolo sono piuttosto simili; ad eccezione del Kerner in cui domina nettamente la forma *cis* sulla *trans*, come già osservato da Volkmann (l.c.). In alcuni casi, l'esistenza di una netta predominanza della forma *trans* sulla *cis* fa ipotizzare un processo di vinificazione in cui siano state realizzate condizioni precocemente riduttive fin dall'ammestatura (Nicolini *et al.*, 1996b).

L'alcool  $\beta$ -feniletilico si conferma piuttosto elevato per tutte le varietà, su valori di sicuro interesse olfattivo (Meilgaard, 1975; Nicolini *et al.*, 1995) e tipicizzanti; tale fatto è probabilmente riconducibile ad una comune limitata presenza di amminoacidi nei mosti. Un contenuto decisamente più ridotto – e corrispondente spesso a prodotti da varietà diverse della stessa cantina – potrebbe essere messo in relazione all'impiego di sali ammoniacali in vinificazione.

### Acetati ed esteri

Il tenore in acetati ed esteri etilici di acidi grassi  $C_6$ - $C_{10}$  è simile fra la maggioranza delle varietà considerate, tuttavia non marcato se non nell'annata 1995. Tale livello è funzione della variabile cantina in alcuni valori massimi riscontrati che, per questo motivo, sono stati separatamente riportati in tab. 1a. I vini Silvaner sono ai livelli medi più elevati di acetati nel 1995 ed i Kerner ai livelli più bassi, mentre i Riesling 1995 presentano i contenuti più elevati della sommatoria degli esteri etilici di acidi grassi. Precedenti osservazioni su Müller-Thurgau, Riesling e Chardonnay (Rapp e Versini, 1995; Nicolini *et al.*, 1995) hanno già evidenziato le correlazioni acetati/amminoacidi ed acetati/alcool  $\beta$ -feniletilico. La prima correlazione, pur sempre lineare e positiva, presenta comunque una variabilità legata all'annata (Versini *et al.*, 1992a) tale da giustificare tenori di acetati così diversi fra 1994 e 1995.

### Fenoli volatili

Il tenore dei vinilfenoli (tab. 1b) si presenta sensorialmente e positivamente importante in quanto generalmente non superiore ai limiti di gradevolezza (Chatonnet, 1993); è simile per Müller-Thurgau e Silvaner con prevalenza del 4-vinilfenolo sul 4-vinilguaiacolo ed è mediamente meno marcato per i Riesling, anche se



Tabella 2a: Agliconi dopo reazione di idrolisi enzimatica degli eterosidi presenti nei vini.

(x = media; s = deviazione standard; A, B = produttori diversi)

Table 2a: Aglycons from enzymatic hydrolysis of the heterosides of the wines reported; mean values (x) and standard deviation (s). (A, B = different wineries)

in forma legata / bound form (µg/L)	SILVANER				MUELLER-THURGAU				RIESLING		KERNER	
	1994		1995		1994		1995		1995		1995	
	x (5)	s	x (5)	s	x (10)	s	x (4)	s	x (7)	s	A	B
ossido linaleolo fur. trans / trans fur. linalool oxide (tfLox)	25,7	5,7	38,0	11,4	41,9	15,7	199	49	69,7	21,8	109	244
ossido linaleolo fur. cis / cis fur. linalool oxide (cfLox)	33,9	5,0	40,0	10,7	12,3	4,4	32,3	4,5	58,6	22,5	24,4	57,5
tfLox / cfLox	0,8	0,2	1,0	0,4	3,4	0,5	6,3	2,0	1,2	0,3	4,5	4,2
ossido linaleolo pir. trans / trans pyr. linalool oxide (tpLox)	21,1	10,8	18,5	3,4	9,7	4,3	45,1	7,1	18,4	3,8	17,7	32,4
ossido linaleolo pir. cis / cis pyr. linalool oxide (cpLox)	12,0	7,0	7,2	1,4	2,3	1	13,9	5,3	9,6	2,2	4,3	9,8
tpLox / cpLox	1,9	0,5	2,6	0,4	4,7	1,9	3,7	1,6	1,9	0,3	4,1	3,3

Tabella 2b: Agliconi dopo reazione di idrolisi enzimatica degli eterosidi presenti nei vini.

(x = media; s = deviazione standard; A, B = produttori diversi)

Table 2b: Aglycons from enzymatic hydrolysis of the heterosides of the wines reported; mean values (x) and standard deviation (s). (A, B = different wineries)

in forma legata / bound form (µg/L)	SILVANER				MUELLER-THURGAU				RIESLING		KERNER	
	1994		1995		1994		1995		1995		1995	
	x (5)	s	x (5)	s	x (10)	s	x (4)	s	x (7)	s	A	B
esanolo / hexanol	5,7	4,1	14,4	5,2	31,3	14,3	91,4	31,5	23,8	11,1	24,8	133,6
linaleolo / linalool (L)	5,7	4,1	14,4	5,2	31,3	14,3	91,4	31,5	23,8	11,1	24,8	133,6
alfa-terpineolo / alpha-terpineol	50,9	32,4	54,3	11,0	7,4	3,4	9,9	3,1	25,6	6,6	28,8	53
nerolo / nerol (N)	9,9	5,2	8,0	2,9	7,9	5,7	11,3	4,3	3,9	1,7	10,2	26,5

Tabella 2b: continuazione.  
Table 2b: continued.

in forma legata / bound form (µg/L)	SILVANER				MUELLER-THURGAU				RIESLING		KERNER	
	1994		1995		1994		1995		1995		1995	
	x (5)	s	x (5)	s	x (10)	s	x (4)	s	x (7)	s	A	B
geraniolo / geraniol (G)	79,1	50,5	68,6	6,3	30,5	24,7	43,6	16,2	23,6	5,0	31,3	57,9
G/N	7,9	1,4	9,2	2,0	4,7	3,6	3,9	0,4	5,8	3,0	3,1	2,2
acido trans geranico / trans geranic acid	20,5	11,3	17,5	4,6	45,3	45,4	28,3	11,6	12,2	3,0	16,9	26,3
ho-diendiolo (I) / ho-diendiolo (I)	24	19	30	12	47	26	168	11	70	30	85	159
ho-diendiolo(II) / ho-diendiolo (II)	5,6	4,0	1,7	0,5	4	2,8	8,1	0,8	8,2	4,4	4,8	20,2
ho-diend. (I) / ho-diend. (II)	4,9	2,5	20,4	11,4	15,1	7,5	21,0	2,6	11,3	8,3	17,7	7,8
2-OH-1,8-cineolo / 2-OH-1,8-cineol	18,3	9,8	23,0	7,0	1,7	0,96	5,8	3,5	8,6	1,4	98,8	6,5
OH-citronellolo / OH-citronellol	7,2	5,0	4,5	3,1	8,2	6,4	5,9	3,4	8,2	5,9	1,3	7,6
8-OH-6,7-diidrolinalolo / 2,6-dimethyl-7-octene-1,6-diol	22,2	8,9	18,6	8,9	10,6	5	15,9	5,4	9,9	5,0	50,3	93,6
8-OH-linalolo trans / trans 2,6-dimethyl-2,7-octadiene-1,6diol	136	79	145	39	53	34	82	18	40	12	106	131
8-OH-linalolo cis / cis 2,6-dimethyl-2,7-octadiene-1,6-diol	100	65	88	18	87	30	93	14	228	63	649	790
8-OH-lin.tr / 8-OH-lin.cis	1,4	0,1	1,6	0,2	0,6	0,4	0,9	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2
7-OH-geraniolo / 3,7-dimethyl-2-octene-1,7-diol	43,5	27,8	22,9	5,8	14,1	7,1	24,6	8,8	19,2	7,2	14,5	17,9
l-p-menten-7,8-diolo / 1-p-menthene-7,8-diol	85	45	104	46	7,7	3,9	4,2	1,8	41,9	13,8	60,3	65,3
3-cheto-alfa-ionolo / 3-oxo-alpha-ionol	206	120	108	46	91	13	192	29	102	35	150	175
alcolco benzilico / benzyl alcohol	255	101	357	55	223	99	360	108	200	30	181	199
alcolco 2-fenilettilico / 2-phenethyl alcohol	490	389	348	48	231	62	353	76	194	51	366	221

- = non disponibile



con forti differenze fra i vini analizzati. In uno dei vini Kerner vi è tuttavia un valore piuttosto elevato di 4-vinilguaiacolo che, a differenza di quanto avviene nel caso del Traminer (Versini, 1985) ove apporta un aroma speziato da chiodi di garofano tipico della varietà, può risultare invece come un off-flavour. Si conferma quindi la tendenza già messa in luce per questa varietà nei vini di origine sudafricana (van Wyk, 1993).

#### Lattoni

I lattoni (tab. 1b) sono a contenuti generalmente molto bassi, inferiori ai 5 µg/L come ordine di grandezza per quanto riguarda il γ-nonalattone, δ-decalattone e δ-dodecalattone ed anche agli 1-2 µg/L per il γ-deca e γ-dodecalattone; questi ultimi, i più interessanti per un possibile apporto di nota di pesca-albicocca, sono tuttavia presenti a livelli decisamente inferiori ai loro valori di soglia nei vini, rispettivamente di ca. 50 e 10 ppb (Etievant *et al.*, 1983). Si è effettuata anche l'analisi del γ-octalattone, tuttavia la determinazione di tale composto non è potuta scendere sotto i 5 µg/L, limite analitico massimo anche di una sua possibile presenza nei vini considerati; si conferma quindi la sua non rilevanza per un possibile contributo all'aroma. I dati riportati concordano con quelli da noi rilevati in un precedente studio sui vini da macerazione carbonica (Versini *et al.*, 1984), collocandosi tuttavia a livelli inferiori di quelli osservati su Moscato di Frontignan da Etievant (l.c.). Nei vini Riesling, comunque, anche i lattoni precedentemente più rappresentati sembrano collocarsi a livelli più bassi.

#### Composti monoterpenici

Tali composti, riportati in tab. 1c, si confermano generalmente più discriminanti. Il loro tenore complessivo incrementa decisamente dal Silvaner al gruppo Müller-Thurgau e Riesling – pressochè indistinguibili fra loro – ed al Kerner, che tuttavia, in prima osservazione, è un vino dalle caratteristiche di profilo analoghe al raggruppamento precedente. In particolare, riguardo alle forme organoletticamente attive, il Silvaner può avere un tenore di linalolo, ho-trienolo e geraniolo dal possibile apporto olfattivo floreale secondo la definizione di Meilgaard (l.c.), in quanto a ca. un terzo-un quinto della soglia olfattiva. Ad eccezione del geraniolo – prossimo ai livelli riscontrati nel gruppo del Müller-Thurgau e Riesling e che nel Kerner tende ad a rapportarsi meno marcatamente rispetto al nerolo –, il linalolo e l'ho-trienolo sono da ca. 5 a 20 volte più bassi che nelle altre tipologie di vino in cui esaltano decisamente le note varietali.

Ricordiamo che i contenuti di linalolo ed ho-trienolo nei vini Müller-Thurgau dell'Alto Adige tendono ad essere, ad eccezione che nell'annata 1995 (Versini *et al.*, 1996), superiori a quelli di prodotti del Trentino. A tale situazione potrebbe non essere estranea verosimilmente una diversa situazione delle temperature minime durante la maturazione dell'uva (circa 2 °C in meno in Alto Adige nell'annata 1994) (Versini *et al.*, 1995). Del resto, il ruolo dei parametri elietermici congiuntamente espressi dall'indice di Huglin nel condizionare il livello aromatico dei vini Müller-Thurgau è stato recentemente ben evidenziato (Nicolini *et al.*, 1999). Il Silvaner presenta inoltre la peculiarità di un tenore medio rimarchevole di ho-diendiolo I, tale da porlo sicuramente al di fuori delle varietà prettamente neutre: pare avere, nei composti liberi, un profilo aromatico varietale di intensità pari a circa un decimo di quello delle altre varietà qui in confronto, eccettuati nerolo e geraniolo. Comune a tutte le varietà è la scarsità di ho-diendiolo II in raffronto al ho-diendiolo I, come tipico delle varietà non del gruppo dei "Moscati", ma del gruppo dei "Riesling" (Rapp *et al.*, 1981).

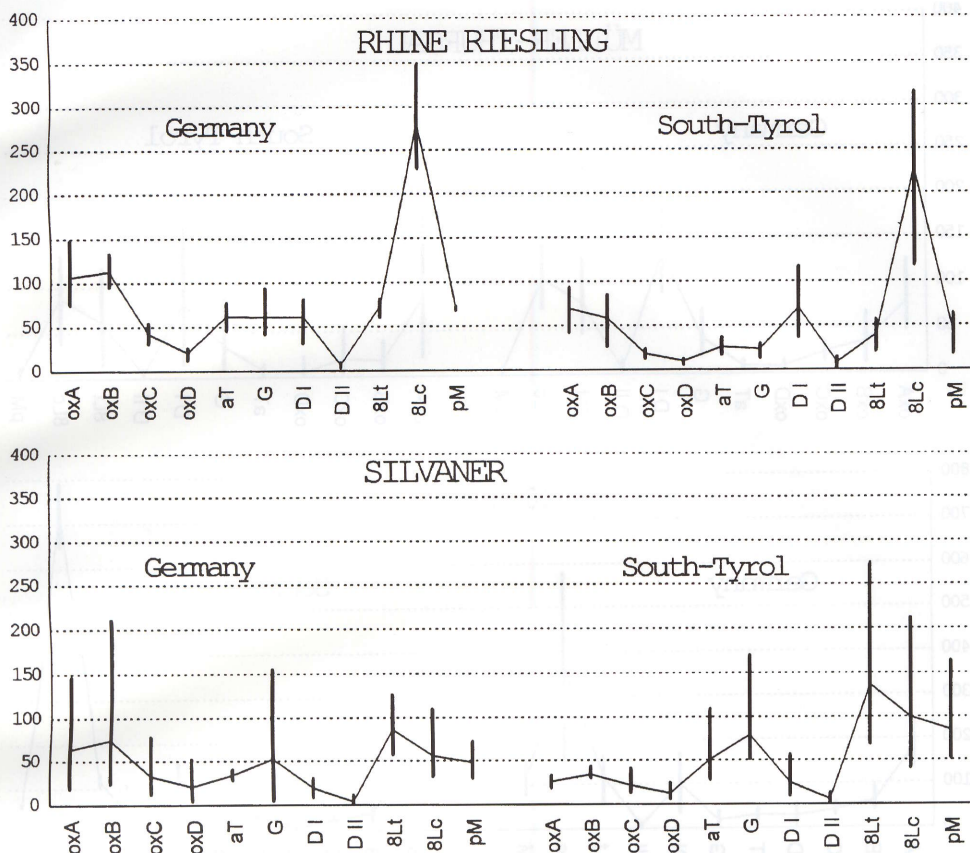


Fig. 1: Profilo di agliconi di monoterpenoli (media, min., max.) in vini Riesling e Silvaner tedeschi ed altoatesini. (oxA = ossido di linalolo furanico *trans*; oxB = ossido di linalolo furanico *cis*; oxC = ossido di linalolo piranico *trans*; oxD = ossido di linalolo piranico *cis*; aT =  $\alpha$ -terpineolo; G = geraniolo; DI = ho-diolo (I); DII = ho-diolo (II); 8Lt = 8-idrossilinalolo *trans*; 8Lc = 8-idrossilinalolo *cis*; pM = 1-*p*-menten-7,8-diolo).

Fig. 1: Profile of monoterpene aglycons (mean value, min., max.) of Rhine Riesling and Silvaner wines from Germany and South-Tyrol.

### I composti in forma legata

Profilo degli agliconi da eterosidi in vini altoatesini

La componente eterosidica dei vini si è dimostrata già in precedenti lavori assai utile come *fingerprint*, anche per varietà neutre, per discriminare fra le varietà anche in prodotti di discreto invecchiamento (Gunata, 1984; Versini *et al.*, 1990).

Tra i composti in forma legata, il linalolo è l'eteroside a maggior velocità di idrolisi chimica (Williams *et al.*, 1982), rendendosi disponibile a condizioni normali di conservazione entro 6-9 mesi e quindi potendo rappresentare una possibile reale riserva di aroma che va parzialmente a rimpiazzare il linalolo libero trasformantesi in  $\alpha$ -terpineolo (Di Stefano e Castino, 1983).



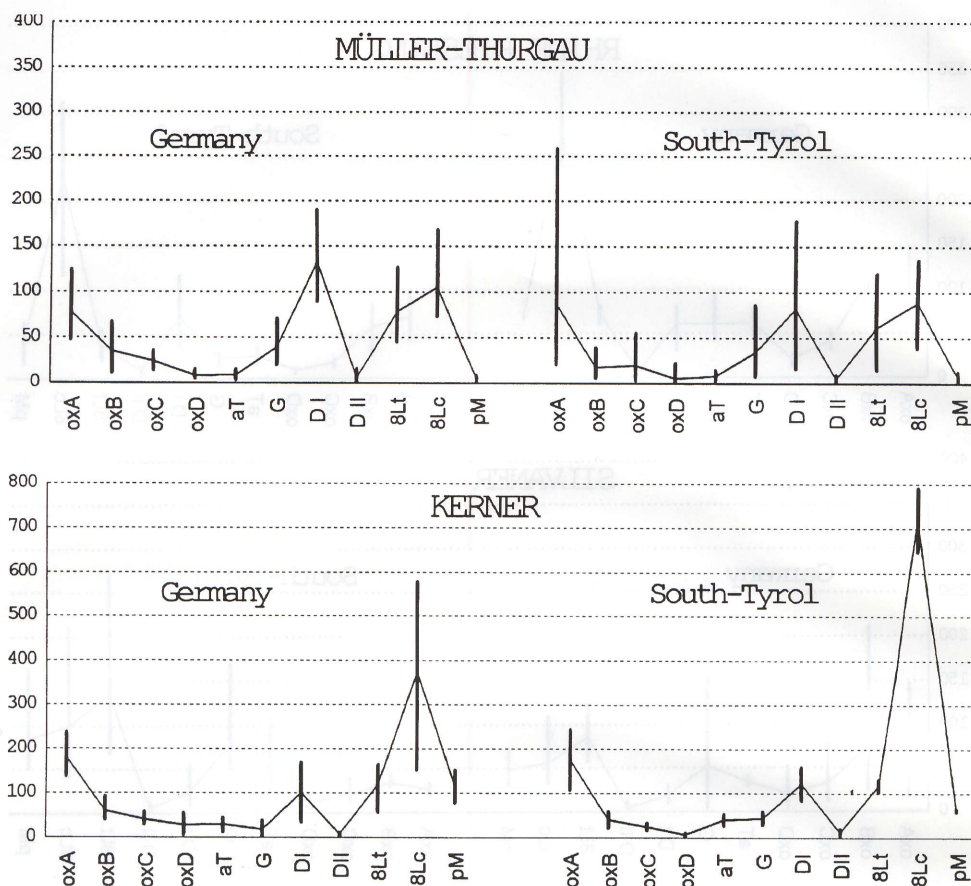


Fig. 2: Profilo di agliconi di monoterpenoli (media, min., max.) in vini Müller-Thurgau e Kerner tedeschi ed altoatesini. (Vedi fig. 1).

Fig. 2: Profile of monoterpenols aglycons (mean value, min., max.) of Müller-Thurgau and Kerner wines from Germany and South-Tyrol. (See fig. 1).

I dati presentati nelle tabb. 2a-2b, relativi a vini di annata e ben conservati, confermano l'interesse discriminatorio di tali parametri. Si osserva innanzitutto che il Silvaner ha un tenore, nella maggioranza dei composti monoterpenici dosati, del tutto comparabile con quello dei vini Müller-Thurgau e Riesling, mostrando anzi un maggior contenuto di  $\alpha$ -terpineolo e delle sue forme idrossilate come il 2-OH-1,8-cineolo ed il 1-p-menten-7,8-diolo (Versini *et al.*, 1992b), nonché di geraniolo.

Le varietà si distinguono fra loro soprattutto per la combinazione delle diversità nei rapporti fra forme ossidrilate del linalolo, in particolare per i rapporti fra gli isomeri dell'ossido di linalolo furanico e del 8-idrossilinalolo. Le caratteristiche del Riesling erano già state messe in relazione a quelle del Sauvignon blanc e del Traminer in un precedente lavoro (Versini *et al.*, 1992b). In particolare, il Silvaner è caratterizzato dalla tendenziale dominanza della forma *cis* sulla *trans* per l'ossido di linalolo furanico come nel caso del Riesling e dalla marcata dominanza della forma

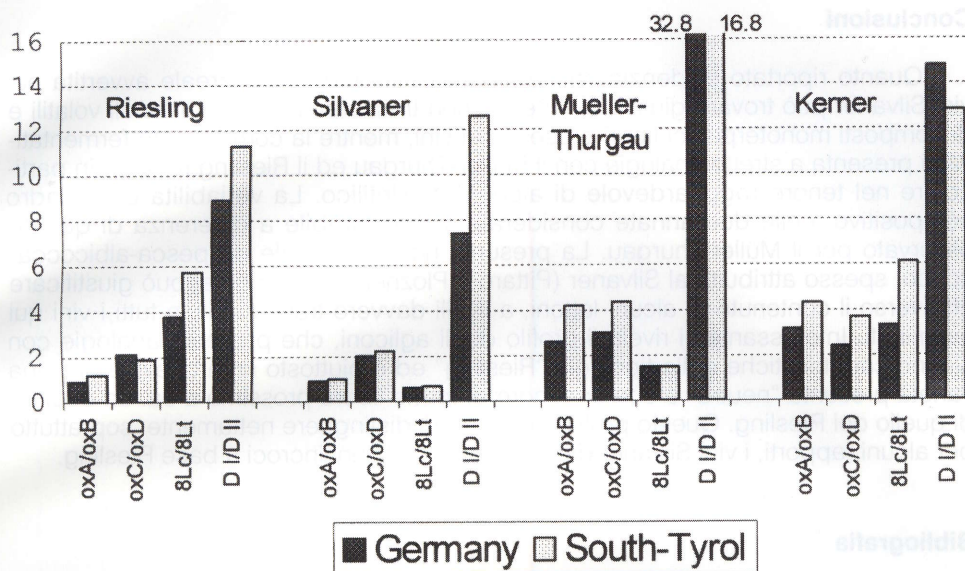


Fig. 3: Rapporti tra agliconi di monoterpenoli in vini di differente origine. (Vedi fig. 1).  
 Fig. 3: Ratios between monoterpenols aglycons in wines of different origin. (See fig. 1).

*trans* sulla *cis* per l'8-idrossilinalolo, diversamente sia da quanto avviene per Riesling e Kerner, con la netta dominanza inversa, che, meno marcatamente, per Müller-Thurgau che presenta la quasi equivalenza fra le due forme. Vi è anche una interessante diversità nel rapporto fra geraniolo e nerolo, che già si era osservato essere utile per discriminare, all'interno dei "Moscati", il gruppo del "Moscato di Alessandria" da quello del "Moscato a petit grains" (Versini *et al.*, 1993).

L'influenza dell'annata (tabb. 2a-2b) è limitata al contenuto di alcuni composti – come l'incremento nel Müller-Thurgau degli ossidi di linalolo furanici e piranici, ma anche del linalolo che però non è un parametro stabile – nei prodotti dell'annata 1995 rispetto a quelli del 1994; l'annata tuttavia non altera le tendenze già commentate.

Comparazione dei profili degli agliconi tra vini altoatesini e tedeschi

Le osservazioni per i vini altoatesini sono verificate anche sui prodotti di area tedesca (figg. 1-2), con una buona sovrapposibilità dei profili degli eterosidi considerati. A fini discriminativi appaiono di particolare interesse i rapporti presentati, come dati medi distinti per i due areali di produzione, in fig. 3. Il rapporto degli ossidi di linalolo furanico *trans/cis* (oxA/oxB) è mediamente attorno all'unità per Riesling e Silvaner e 2-5 volte maggiore in Müller-Thurgau e Kerner. Il rapporto degli ossidi di linalolo piranico *trans/cis* (oxC/oxD) è mediamente attorno a 2 per Riesling e Silvaner e maggiore, indicativamente sino a 3-5, in Müller-Thurgau e Kerner. Il rapporto dell'8-idrossilinalolo *cis* sull'isomero *trans* (8Lc/8Lt) presenta valori inferiori all'unità per il Silvaner, nell'intorno tra 1 e 2 per Müller-Thurgau e indicativamente da 3 a 6 in Riesling e Kerner. Il rapporto ho-diolo I/ho-diolo II, elevato in tutte e 4 le varietà, sembrerebbe comunque esserlo in particolar modo per Müller-Thurgau.



## Conclusioni

Quanto riportato evidenzia che parte della componente floreale avvertita nei vini Silvaner può trovare giustificazione nel non trascurabile livello di fenoli volatili e di composti monoterpenici liberi presenti nei vini, mentre la componente fermentativa si presenta a strette analogie con il Müller-Thurgau ed il Riesling renano, in particolare nel tenore ragguardevole di alcool  $\beta$ -feniletilico. La variabilità del quadro compositivo, nelle due annate considerate, è trascurabile a differenza di quanto osservato per il Müller-Thurgau. La presunta nota sensoriale da pesca-albicocca-cocco, spesso attribuita al Silvaner (Pittaro e Plozner, 1982), non si può giustificare attraverso il contenuto di alcuni lattoni, a livelli davvero trascurabili in tutti i vini qui esaminati. Interessante si rivela il profilo degli agliconi, che presenta analogie con alcune caratteristiche della tipologia "Riesling" ed è piuttosto rimarchevole per una varietà presunta "neutra" e con un tenore di forme libere prossimo a ca. un decimo di quello del Riesling. Questo profilo permette di distinguere nettamente, soprattutto per alcuni rapporti, i vini Silvaner dai Riesling e da taluni incroci a base Riesling.

## Bibliografia

1. BAUMES R.L., BAYONOVE C.L., BARILLÉRE J.M., SAMSON A., CORDONNIER R.E. (1989). *La macération pelliculaire dans la vinification en blanc. Incidence sur la composante volatile des vins*. Vitis, (24): 31-48.
2. BERTRAND A., MARLY-BRUGEROLLE C., SARRE C. (1978). *Influence du débouillage des moûts et du sulfitage sur les teneurs en substances volatiles des vins et des eaux-de-vie. I. Étude des vins*. Conn. Vigne Vin, (12): 1935-48.
3. CHATONNET P. (1993). *Analyse des phénols volatils et des composés soufrés des vins par chromatographie en phase gazeuse*. In: Les acquisitions récentes en chromatographie du vin, B. Doneche ed., Tec&Doc, Paris, pp. 121-149.
4. CIOLFI G., DI STEFANO R. (1983). *I composti volatili ceduti dai lieviti durante la fermentazione: confronto tra stipiti della stessa specie e di specie diverse*. Vignevini, (10, 12): 43-49.
5. CORDONNIER R., BAYONOVE C. (1980). *Estrazione e formazione di alcune componenti dell'aroma dei vini nel corso della fase prefermentativa della vinificazione*. In: Atti Simp. Enologia, 16-18 aprile, S. Michele a/A (TN), pp. 57-86.
6. DI STEFANO R., CASTINO M. (1983). *Evoluzione dei composti di natura terpenica durante la conservazione dell'Asti spumante*. Riv. Vitic. Enol., (XXXVI): 245-262.
7. ETIEVANT P.X., ISSANCHOU S.N., BAYONOVE C.L. (1983). *The flavour of Muscat wine: the sensory contribution of some volatile compounds*. J. Sci. Food Agric., (34): 497-504.
8. GABRI G., SALVAGIOTTO R. (1980). *Dosamento gas-cromatografico simultaneo della acetaldeide, del metanolo, dell'acetato e del lattato di etile, e degli alcoli superiori nei distillati alcolici*. Vini d'Italia, (124): 37-43.
9. GRANDO M.S., VERSINI G., NICOLINI G., MATTIVI F. (1993). *Selective use of wine yeast strains having different volatile phenols production*. Vitis, (39): 43-50.
10. GUNATA Z. Y. (1984). *Recherches sur la fraction liche de nature glycosidique de l'arôme du raisin: importance des terpenylglycosides, action des glycosidases*. Ph. D. Thesis, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
11. HILLEBRAND W., LOTT H., PFAFF F. (1984). *Taschenbuch der Rebsorten*. 7. Auflage, Fachverlag Dr. Fraund GmbH, Wiesbaden, pp. 200-203.
12. HOUTMAN A.C., MARAIS J., DU PLESSIS C.S. (1980). *Factor affecting the reproducibility of fermentation of grape juice and of the aroma composition of wines. I. Grape maturity, sugar, inoculum concentration, aeration, juice turbidity and ergosterol*. Vitis, (19): 37-54.
13. MARAIS J., VERSINI G., VAN WYK C.J., RAPP A. (1992). *Effect of region on free and bound monoterpene and C13-norisoprenoid concentration in Weisser Riesling wines*. S. Afr. J. Enol. Vitic., (13/2): 71-77.

14. MEILGAARD M.C. (1975). *Aroma volatiles in beer: purification, flavour, threshold and interaction*. In: Geruch- und Geschmackstoffe, F. Drawert ed., H. Carl, Nurnberg, pp. 211-254.
15. NICOLINI G., VERSINI G., DALLA SERRA A., SEPPI A., AMADEI E., FALCETTI M. (1995). *Aspetti compositivi di mosti e vini Müller-Thurgau del Trentino*. Riv. Vitic. Enol., (48, 3): 47-61.
16. NICOLINI G., VERSINI G., AMADEI E. (1996a). *Caratteristiche qualitative del vino Müller-Thurgau del Trentino in relazione ad interventi di tecnica enologica*. Riv. Vitic. Enol. (49, 2): 37-57.
17. NICOLINI G., VERSINI G., AMADEI E., MARCHIO M. (1996b). *3-Hexen-1-ol isomers in Müller-Thurgau wines: a "varietal" characteristic affected by must sulfiting time*. Vitis, (35): 147-148.
18. NICOLINI G., STEFANINI M., VERSINI G., GIMENEZ-MARTINEZ R., MERZ. A. (1999). *Comportement agronomique et variabilité aromatique de vin de quelques clones de Müller-Thurgau dans le Trentin (Italie)*. Riv. Vitic. Enol., (52, 2): 9-19.
19. PITTARO P., PLOZNER L. (1982). *L'uva ed il vino*. Magnus Ed., Udine, pp. 136-137.
20. RAPP A., KNIPSER W., ENGEL L., HASTRICH H. (1981). *Neuere Ergebnisse über die Aromastoffe verschiedener Weine*. In: Lemperle E. ed., Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Oenol. Symp., Mainz, 28-30 aprile 1981, Intern. Assoc. Winery Technol. Management, Breisach, pp. 137-147.
21. RAPP A., GUNTERT M. (1985). *Beitrag zur Charakterisierung des Weines des Rebsorte Weißer Riesling. II. Untersuchung der Aromastoffzusammensetzung deutscher Weißweine der Rebsorten Weißer Riesling, Müller-Thurgau und Silvaner*. Vitis, (24): 139-150.
22. RAPP A., SUCKRAU I., VERSINI G. (1993). *Untersuchungen des Trauben- und Weinaromas. Beitrag zur Sortencharakterisierung neutraler Rebsorten (Silvaner, Weißburgunder, Ruländer)*. Z. Lebensm. Unters. Forsch., (197): 249-254.
23. RAPP A., VERSINI G. (1995). *Influence on nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines*. In: Charalambous G. ed., Food flavors: Generation, Analysis and Process Influence, Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 1659-1694.
24. RIBÉREAU-GAYON P., LAFON-LAFOURCADE S., BERTRAND A. (1975). *Le débourage des moûts de vendange blanche*. Conn. Vigne Vin, (9): 117-139.
25. VAN WYK C.J. (1993). *Some controversial aroma constituents of grapes and wines*. In: Lemperle E. ed., Proc. 10<sup>th</sup> Int. Oenol. Symp., 3-5 May 1993, Montreux, Intern. Assoc. Winery, Technol. Management, Breisach, pp. 374-404.
26. VERSINI G., INAMA S., SARTORI G. (1981). *Indagine gascromatografica in colonna capillare dei costituenti terpenici del Riesling Renano del Trentino-Alto Adige: distribuzione nell'acino, passaggio nel mosto e presenza nel vino a seconda di diverse tecniche di vinificazione; considerazioni organolettiche*. Vini d'Italia, (XXIII): 189-211.
27. VERSINI G., DALLA SERRA A., PELLEGRINI R. (1984). *Contributo alla conoscenza dell'aroma dei vini da macerazione carbonica: analisi della formazione e contenuto dei componenti più qualificanti*. L'Enotecnico, (XX): 871-878.
28. VERSINI G. (1985). *Sull'aroma del vino "Traminer" o "Gewürztraminer". L'interessante ed originale apporto organolettico del 4-vinilguaiacolo rispetto alla componente terpenica; valutazione statistica e prime considerazioni tecnologiche*. Vignevini, (XXII/1-2): 57-65.
29. VERSINI G., DALLA SERRA A., SCIENZA A., BARCHETTI P. (1990). *Particolarità compositive dell'uva e del vino Traminer aromatico*. Atti Simposio sul Traminer Aromatico, Bolzano, 18 maggio, C.C.I.A.A., Bolzano, pp. 59-71.
30. VERSINI G., DALLA SERRA A., FALCETTI M., SFERLAZZO G. (1992a). *Rôle du clone, du millésime et de l'époque de la récolte sur le potentiel aromatique du raisin de Chardonnay*. Revue des Oenologues, (18, 65S/11): 19-23.
31. VERSINI G., RAPP A., DALLA SERRA A. (1992b). *Considerations about the presence of free and bound p-menth-1-enediols in grape products*. In: Schreier P., Winterhalter P. eds., Proc. Int. Conf. "Progress in flavour precursor studies. Analysis, generation and biotechnology", Würzburg, Germany, Sept. 30 - Oct. 2, Allured Pubbl. Corp., 1993, pp. 243-249.
32. VERSINI G., DALLA SERRA A., MONETTI A., DE MICHELI L., MATTIVI F. (1993). *Free and bound grape aroma profiles variability within the family of muscat-called varieties*. Atti Symp. Int. "Connaissance aromatique des cépages et qualité des vins", 9-10 febbraio, Le Corum, Montpellier, Rev. Franc. Oenol. ed., Lattes, pp. 80-89.
33. VERSINI G., RAPP A., DALLA SERRA A., NICOLINI G., STEFANINI M. (1994a). *Investigation of analytical parameters characterizing Pinot blanc and Pinot gris musts and wines, and compa-*



- red to other non-floral varieties. Proc. 19th Annual Meeting of Am. Soc. Enol. Vitic., Eastern Section - Pinot blanc/Pinot gris Symposium, 13-16 July, Cleveland (in stampa).
34. VERSINI G., ORRIOLS I., DALLA SERRA A. (1994b). *Aroma components of Galician Albariño, Loureira and Godello wines*. Vitis, (33): 165-170.
  35. VERSINI G., NICOLINI G., RAPP A., DALLA SERRA A., AMADEI E. (1995). *Topics on aroma compounds of Northern Italian Müller-Thurgau wines*. In: Goussard P.G., Archer E., Saayman D., Tromp A., van Wyk J. eds., Proc. 1st SASEV Intern. Congress, 8-10 November, Cape Town, South Africa, pp. 35-37.
  36. VERSINI G., NICOLINI G., RAPP A., DALLA SERRA A. (1996). *Characterisation of Müller-Thurgau wine aroma*. In: "Les arômes du vin. Caractérisation et génèse", Journées Scientifiques de Lallemant n° 4, pp. 17-25.
  37. VOLKMANN C. (1989). *Untersuchungen flüchtiger Inhaltsstoffe des Traubenmost- und Weinaromas: beiträg zur Sortencharakterisierung von Neuzüchtungen mit rieslingähnlicher Aromenote mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie*. Dissertation an der Fakultät für Chemie, Universität Karlsruhe.
  38. WILLIAMS P.J., STRAUSS C.R., WILSON B., MASSY-WESTROPP R.A. (1982). *Studies on the hydrolysis of Vitis vinifera monoterpene precursor compounds and model monoterpene  $\beta$ -D-glucosides rationalizing the monoterpene composition of grapes*. J. Agr. Food Chem., (30): 1219-1223.